

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Kompetisi muatan roket Indonesia atau KOMURINDO adalah kompetisi tahunan rancang bangun muatan roket dan roket EDF tingkat perguruan tinggi yang diselenggarakan mulai tahun 2009. Dalam ajang kompetisi ini, mahasiswa ditantang untuk membangun suatu sistem *monitoring* dan pengukuran yang stabil, akurat, dan presisi dibidang peroketan. Selain itu, mahasiswa juga belajar membangun roket EDF. Kegiatan ini akan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam rancang bangun serta pengujian roket dan muatannya. Kompetisi diadakan karena memiliki tujuan yaitu :

- 1) Menumbuhkan rasa persatuan, kesatuan, semangat nasionalisme serta cinta dirgantara melalui teknologi penerbangan dan antariksa pada mahasiswa dan masyarakat umum.
- 2) Meningkatkan kemampuan dan kreativitas mahasiswa dalam rancang bangun dan pengujian muatan roket dan roket EDF.
- 3) Meningkatkan kemampuan dan kreatifitas mahasiswa dalam teknologi penginderaan jauh, pengendalian, dan sistem otomasi robotika pada muatan roket dan roket EDF.

Tahun ini pada kategori Muatan roket memiliki tema “*Pemantauan Grafis Sikap Roket Uji Muatan dalam Visualisasi Odometri Tiga Dimensi (3D odometri graphics visualization)*” dan menggunakan sistem perlombaan yang berbeda dari tahun sebelumnya. Secara singkat kompetisi ini yaitu :

- 1) *Payload* atau muatan roket harus memiliki kemampuan penyimpanan data *odometri* 3D hingga roket terpisah secara otomatis (terjadi separasi), data yang tersimpan ini harus dikirim kembali secara lengkap ke komputer *Ground Control Station* (GCS) selama meluncur turun (dengan parasut) hingga *payload* mendarat di permukaan bumi atau telah mendapat perintah untuk mematikan *payload* dari Juri.
- 2) Ketika roket diluncurkan, pada ketinggian tertentu (sekitar 600 m) sistem *payload* akan terpisah secara otomatis dari sistem roket (terjadi separasi).

Mulai saat inilah sistem pengiriman data yang tersimpan dioperasikan pada *payload* melalui perintah *telecommand* peserta dari *Ground Segment* (GS) yang dipandu oleh Juri.

- 3) Pada saat proses persiapan peluncuran roket, peserta akan diberikan apa-apa oleh Juri, kapan perintah *telecommand* untuk mengaktifkan sistem transmisi harus diberikan. Kegagalan fungsi *telecommand* ini dapat menyebabkan proses peluncuran dibatalkan dan peserta dinyatakan gagal dalam penilaian uji peluncuran.
- 4) Transmisi data ini dibagi menjadi dua. Yang pertama adalah 12 detik pertama yang dihitung dari mulai meluncur, untuk mengirim dan menyimpan data *attitude* roket.

Tabel 2.1 Format Transmisi data 12 detik pertama

Byte-1	Byte-2	Byte-3	Byte-4	Byte-5 s/d Byte-N
0DH	<i>header code bytes</i>			Bebas

- 5) Transmisi data yang kedua adalah 60 detik setelah 12 detik pertama untuk pengiriman data lengkap yang tersimpan. Data sikap ini seharusnya lebih akurat karena jumlah sampel data lebih banyak dan lebih rapat.

Tabel 2.2 Format Transmisi data 60 detik kedua

Byte-1	Byte-2	Byte-3	Byte-4	Byte-5 s/d Byte-N
0DH	<i>header code bytes</i>			BEBAS dengan catatan : Data GPS adalah wajib ditampilkan secara visual dengan latar belakang PETA lokasi.

- 6) Sistem transmisi data antara *payload* dan GS harus menggunakan kanal frekuensi telah ditentukan oleh panitia, termasuk data *telecommand*, data *attitude* (orientasi terhadap bumi, akselerasi dan arah mata angin/kompas).

- 7) Begitu *payload* melakukan separasi peserta boleh mulai melakukan *tele-control payload* melalui *telecommand*, ataupun membiarkan *payload* bekerja secara otomatis. Namun demikian, *payload* harus dapat dimatikan setelah transmisi data selesai (minimal 12 detik plus 60 detik). Dalam hal ini juri akan memberikan aba-aba kapan peserta harus mematikan transmisi data dari *payload*-nya.
- 8) Sistem penilaian lomba dilakukan dalam dua tahap yaitu, Uji Fungsionalitas (UF), Uji *Antenna Tracker* (UAT), dan Uji Peluncuran (UP). Sistem dan persentase penilaian antara UF, UAT dan UP diatur tersendiri dalam pasal-pasal di bawah.
- 9) Tiap tahapan Uji. UF, UAT dan UP memiliki cara tersendiri dalam penilaian.

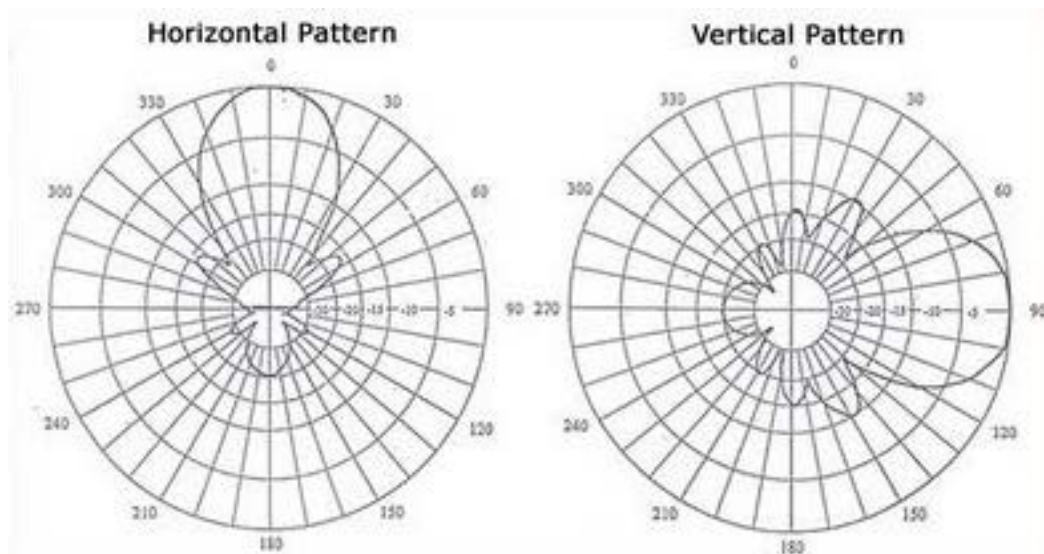
2.2 Pengertian *Antenna*

Antenna adalah perangkat media transmisi *nirkabel* atau *wireless* yang memanfaatkan udara atau ruang bebas sebagai media penghantar. *Antenna* mempunyai fungsi untuk merubah energi elektromagnetik terbimbing menjadi gelombang elektromagnetik ruang bebas (gelombang mikro) yang merupakan fungsi *antenna* sebagai *transmitter* (TX). Sedangkan fungsi *antenna* sebagai *receiver* (RX) adalah merubah gelombang elektromagnetik ruang bebas menjadi gelombang elektromagnetik terbimbing (Yudhanto M, 2009)

2.2.1 *Antenna Directional*

Antenna directional yaitu antena yang mempunyai pola pemancaran sinyal dengan satu arah tertentu. *Antenna* ini idealnya digunakan sebagai penghubung antar gedung atau untuk daerah (konfigurasi *Point to Point*) yang mempunyai konfigurasi cakupan area yang kecil seperti pada lorong-lorong yang panjang.

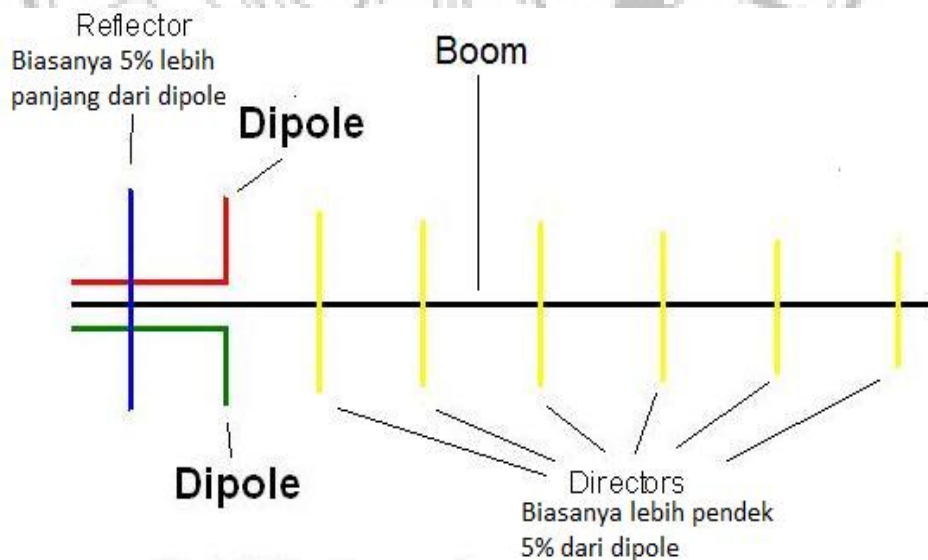
Antenna jenis ini merupakan jenis *antenna* dengan *narrow beamwidth*, yaitu punya sudut pemancaran yang kecil dengan daya lebih terarah, jaraknya jauh dan tidak bisa menjangkau area yang luas, *antenna directional* mengirim dan menerima sinyal radio hanya pada satu arah, umumnya pada fokus yang sangat sempit, dan biasanya digunakan untuk koneksi *point to point*, atau *multiple point*, macam-macam dari *antenna direksional* sendiri seperti *antenna grid*, *dish parabolic*, *yagi*, dan *antenna sectoral*. (Sivaram C, 2009)



Gambar 2.1 Pola radiasi *antenna directional*

2.2.1.1 *Antenna Yagi*

Antenna yagi adalah salah satu jenis *antenna* radio atau televisi yang diciptakan oleh Hidetsugu Yagi. Antena ini bersifat *directional*, yaitu menambah *gain* hanya pada salah satu arahnya. Sisi antena yang berada dibelakang *reflektor* memiliki *gain* yang lebih kecil daripada didepan *direktor*. Sehingga pola radiasi dari *antenna* sangat diperlukkan agar kita mengetahui area dimana *antenna* memiliki *gain* tertinggi untuk menunjang komunikasi yang baik. (Lubis A, 2015)



Gambar 2.2 Bagian *antenna yagi*

2.3 Antena Tracker

Sistem *Antenna Tracker* (AT) adalah sebuah sistem kendali aktuator minimal 2 (dua) derajat, kebebasan (*pitch* dan *yaw*) sebagai platform antenna yang dapat bergerak aktif mengarahkan antenna ke muatan roket udara manapun ketika roket meluncur atau muatan roket tergantung di parasut ataupun terjatuh di suatu tempat pendaratan. AT ini normalnya bekerja berdasarkan posisi *absolute* muatan roket terhadap posisi *absolute* GCS berbasis sensor *Global Positioning System* (GPS) yang dipasang baik di muatan roket maupun di GCS. Berdasarkan selisih data *longitude* dan *latitude* dari posisi muatan GCS ini dapat ditentukan arah hadap muatan terhadap GCS, yang hal ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mengendalikan sistem aktuator AT. AT juga dibuat dengan mengandalkan pelacakan arah sumber sinyal transmisi dari muatan berdasarkan sinyal terkuat. (Buku Panduan Komurindo Kombat, 2016).

Pada umumnya antenna terdiri dari elemen atau susunan bahan logam yang terhubung dengan saluran transmisi dari pemancar maupun penerima yang berkaitan dengan gelombang elektromagnetik. Cara kerja dari antenna adalah ketika logam dialiri dengan muatan listrik yang berbeda dan berubah-ubah (sinyal sinus), sehingga akan muncul gelombang elektromagnet yang akan merambat ke arah tertentu. Dengan gelombang elektromagnet dapat menumpangkan sinyal informasi seperti suara, text, sms, data dan sebagainya. Ketika gelombang elektromagnet tersebut bertemu dengan logam lain, maka gelombang tersebut akan mengakibatkan perubahan muatan pada logam tujuan yang nantinya bisa diterjemahkan menjadi sinyal listrik dan bisa diolah informasi yang dikirimkan. Pada antenna terdapat karakter yang harus diperhatikan dalam memilih jenis antenna, yaitu:

- 1) Pola radiasi adalah penggambaran radiasi berkaitan dengan kekuatan gelombang radio yang dipancarkan oleh antenna ataupun tingkat penerimaan sinyal yang diterima oleh antenna pada sudut yang berbeda. Pada umumnya pola radiasi ini digambarkan dalam bentuk *plot* 3 dimensi. Pola radiasi antenna 3 dimensi ini dibentuk oleh dua pola radiasi yaitu pola *elevasi* dan pola *azimuth*. Bentuk radiasi dan pola *directive* yang membentuk bola berkas yang sempit dengan radiasi yang tinggi.

- 2) *Gain* sebuah parameter antena yang mengukur kemampuan antena dalam mengarahkan radiasi sinyalnya atau penerimaan sinyalnya dari arah tertentu. Dengan kata lain, *Gain* digunakan untuk mengukur efisiensi sebuah antena. *Gain* diukur dalam bentuk satuan *decibel*.
- 3) Polarisasi dapat diartikan sebagai arah rambat dari medan listrik atau penyebaran vektor medan listrik, polarisasi antena yang dimaksud disini adalah orientasi medan listrik dari gelombang radio yang berhubungan dengan permukaan bumi dan kecocokan struktur fisik antena dengan orientasinya. Mengenali polarisasi bermanfaat untuk mendapatkan efisiensi maksimum pada transmisi sinyal. (Stutzman, 2012)

2.4 Arduino

Arduino sebenarnya adalah salah satu kit mikrokontroler yang berbasis pada ATmega28. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja, tinggal colokkan ke power supply atau sambungkan melalui kabel USB ke PC. Pada Tabel 2.5 berikut ini merupakan macam macam Arduino USB beserta penjelasannya :

Tabel 2.3 Macam - Macam Arduino

No	Jenis Arduino	Penjelasan
1	Arduino Uno	Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328 (datasheet)
2	Arduino Due	The Arduino Due adalah papan mikrokontroler berdasarkan Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU (datasheet).
3	Arduino Leonardo	Arduino Leonardo adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega32u4 (datasheet)
4	Arduino Mega 2560	Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler ATmega2560 berdasarkan (datasheet)
5	Arduino Intel Galileo	Galileo adalah papan mikrokontroler berdasarkan Intel ® Quark SoC X1000 Application Processor, 32-Bit sistem Pentium-Kelas Intel pada sebuah chip (datasheet)

6	Arduino Pro Mikro AT	Arduino Mikro adalah board mikrokontroler berdasarkan ATmega32u4 (datasheet), yang dikembangkan bersama dengan Adafruit.
7	Arduino Nano R3	Arduino Nano R3 adalah sebuah papan kecil, lengkap, dan ramah-papan tempat memotong roti berdasarkan ATmega328 (Arduino Nano 3.x) atau ATmega168 (Arduino Nano 2.x).
8	Arduino Pro Mini	Arduino ProMini ditujukan untuk pengguna tingkat lanjut yang membutuhkan fleksibilitas, biaya rendah, dan ukuran kecil.
9	Arduino Mega ADK	Arduino MEGA ADK adalah board mikrokontroler ATmega2560 berdasarkan (datasheet).
10	Arduino Esplora	Arduino Esplora adalah papan mikrokontroler berasal dari Arduino Leonardo. Esplora berbeda dari semua papan Arduino sebelumnya dalam hal ini menyediakan sejumlah built-in, Siap digunakan set sensor onboard untuk interaksi.

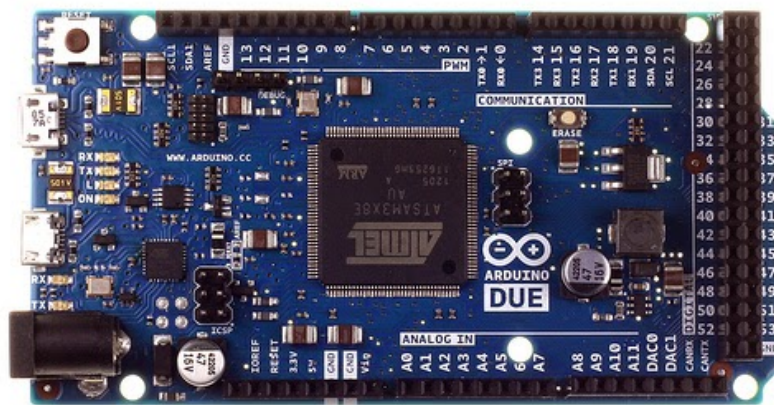
2.4.1 Arduino Due

Arduino Due merupakan kontroler berbasis Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU. Arduino Due merupakan versi arduino pertama yang menggunakan 32 bit ARM mikrokontroler. Berbeda dari jenis arduino yang lain, arduino tipe ini beroperasi pada tegangan 3.3 V, begitu juga dengan pin Out nya yang hanya sebesar 3.3 V. Berikut Spesifikasi dari Arduino Due :

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Due

Microkontroler	AT91SAM3X8E
Tegangan Kerja	3.3V
Tegangan Masukan	7-12V
Batas tegangan masukan	6-16V
Digital I/O Pins	54 (of which 12 provide PWM output)

Analog Input Pins	12
Analog Output Pins	2 (DAC)
Total arus DC I/O pin	130 mA
Arus DC untuk 3.3V Pin	800 mA
Arus DC untuk 5V Pin	800 mA
Flash Memory	512 KB all available for the user applications
SRAM	96 KB (two banks: 64KB and 32KB)
Clock Speed	84 MHz

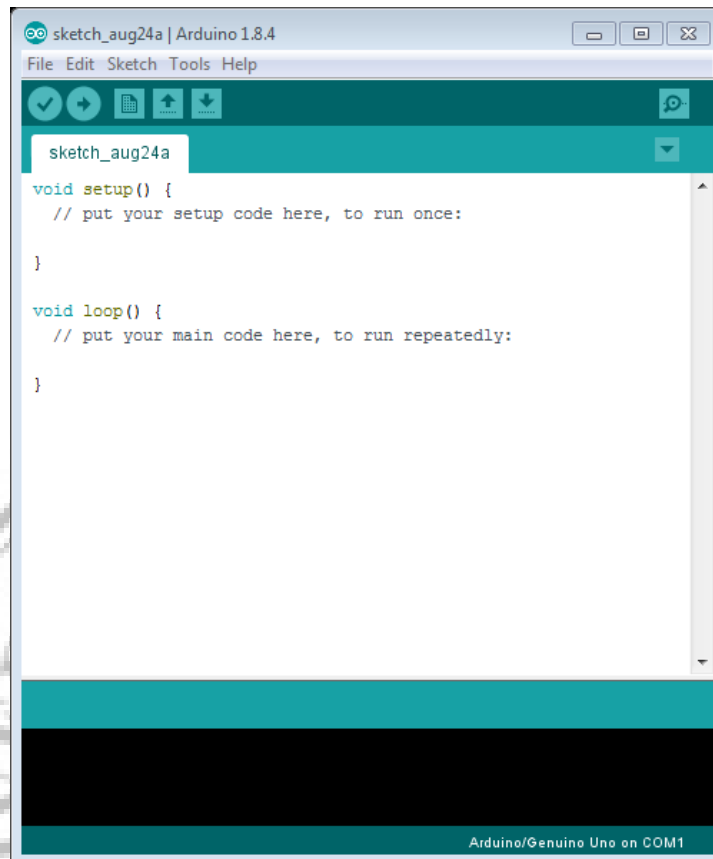


Gambar 2.3 Board Arduino Due
(pololu.com)

2.4.2 Arduino IDE




IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*, atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. merupakan perangkat lunak yang telah disiapkan oleh arduino bagi para perancang untuk melakukan berbagai proses yang berkaitan dengan pemrograman arduino. Perangkat lunak disediakan secara gratis dan bisa didapatkan secara langsung pada halaman resmi arduino yang bersifat open-source. IDE ini juga sudah mendukung berbagai sistem operasi populer saat ini seperti Windows, Mac, dan Linux. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Arduino IDE juga




dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah.



Gambar 2.4 Tampilan Arduino

Tabel 2.5 keterangan tombol pada tampilan IDE Arduino

No	Tombol	Nama	Fungsi
1			Menguji apakah ada kesalahan pada program atau sketch. Apabila sketch sudah benar, maka sketch tersebut akan dikompilasi. Kompilasi adalah proses mengubah kode pada program ke dalam kode mesin.
2			Mengirimkan kode mesin hasil kompilasi ke <i>board Arduino</i> .
3			Membuat <i>sketch</i> baru.

4			Membuka <i>sketch</i> yang sudah ada.
5			Menyimpan <i>sketch</i> .
6			Menampilkan data yang dikirim dan diterima melalui komunikasi serial.

IDE *Arduino* membutuhkan beberapa pengaturan yang digunakan untuk mendeteksi *board Arduino* yang sudah dihubungkan ke computer. Beberapa pengaturan tersebut adalah mengatur jenis board yang digunakan sesuai dengan *board* yang terpasang dan mengatur jalur komunikasi data melalui perintah *serial port* seperti terlihat pada Gambar 2.4 dan tabel 2.5. kedua pengaturan tersebut dapat ditemukan pada *pull down menu Tools*.

2.5 Motor Stepper

Sebenarnya yang membedakan motor *stepper* dengan jenis motor lainnya misalnya pada motor AC dan motor DC salah satunya adalah dari segi putarannya. Motor *stepper* merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya motor *stepper* hanya mempunyai kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (bahan *ferromagnetic*). Karena konstruksi inilah maka motor *stepper* dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan atau berputar ke arah yang diinginkan, apakah searah jarum jam atau sebaliknya. Ada tiga jenis motor *stepper* yaitu motor *stepper* Magnet Permanen, *Variable Reluctance* dan *Hybrid*. Semua jenis tersebut melakukan fungsi dasar yang sama, tetapi mempunyai perbedaan penting pada beberapa aplikasi.

Motor *stepper* dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran step (*step size*) dapat berada pada *range* 0,90 sampai 900. Misalnya sudut *step* 7,50; 150; 300 dan seterusnya tergantung aplikasi atau kebutuhan yang diinginkan. Posisi putarannya pun relatif eksak dan stabil. Dengan adanya variasi sudut step tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian *closed-loop*

feedback untuk memonitor posisinya. Dengan alasan inilah maka motor *stepper* banyak digunakan sebagai aktuator yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengontrol (*driver*), ataupun untuk *interfacing* ke piranti yang berbasis mikrokontroler. (Syahrul, 2005)

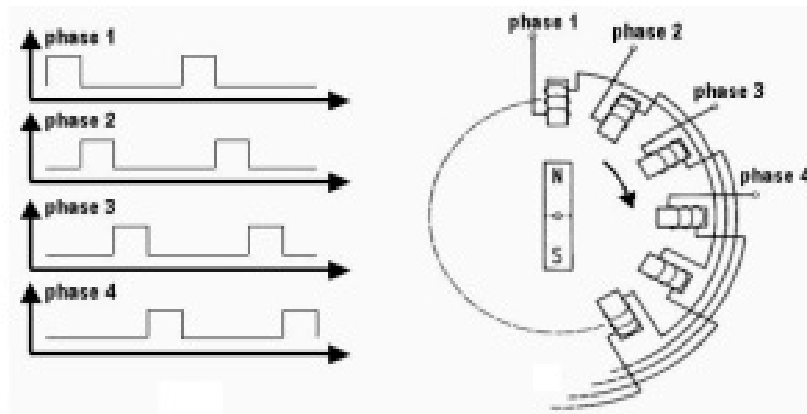
2.5.1 Kelebihan Motor Stepper

Kelebihan motor *stepper* dibandingkan dengan motor DC biasa adalah :

- 1) Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
- 2) Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak.
- 3) Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
- 4) Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, *stop* dan berbalik (perputaran).
- 5) Sangat *reliable* karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC.
- 6) Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya.
- 7) Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada *range* yang luas.

2.5.2 Prinsip Kerja Motor Stepper

Prinsip kerja motor *stepper* adalah mengubah pulsa-pulsa input menjadi gerakan mekanis diskrit. Oleh karena itu untuk menggerakkan motor *stepper* diperlukan pengendali motor *stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Berikut ini adalah ilustrasi struktur motor *stepper* sederhana dan pulsa yang dibutuhkan untuk menggerakkannya yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



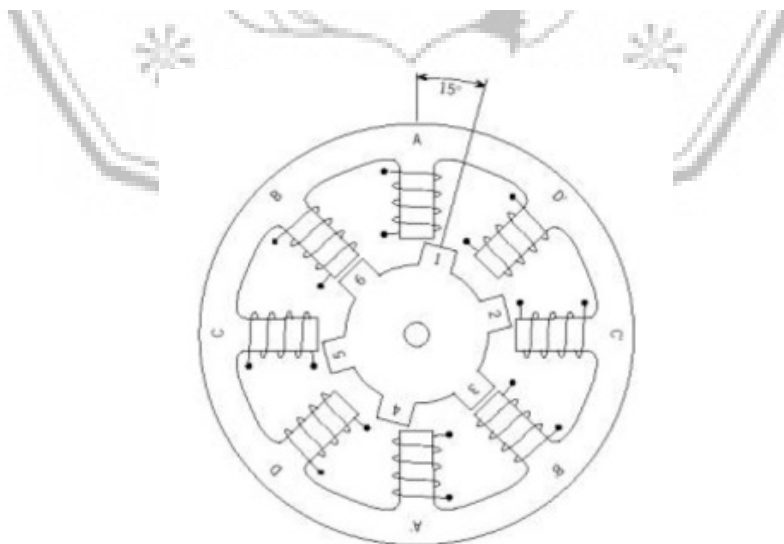
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Motor *Stepper*

2.5.3 Jenis - Jenis Motor *Stepper*

Berdasarkan struktur rotor dan stator pada motor *stepper*, maka motor *stepper* dapat dikategorikan dalam 3 jenis sebagai berikut :

2.5.3.1 Motor *Stepper Variable Reluctance (VR)*

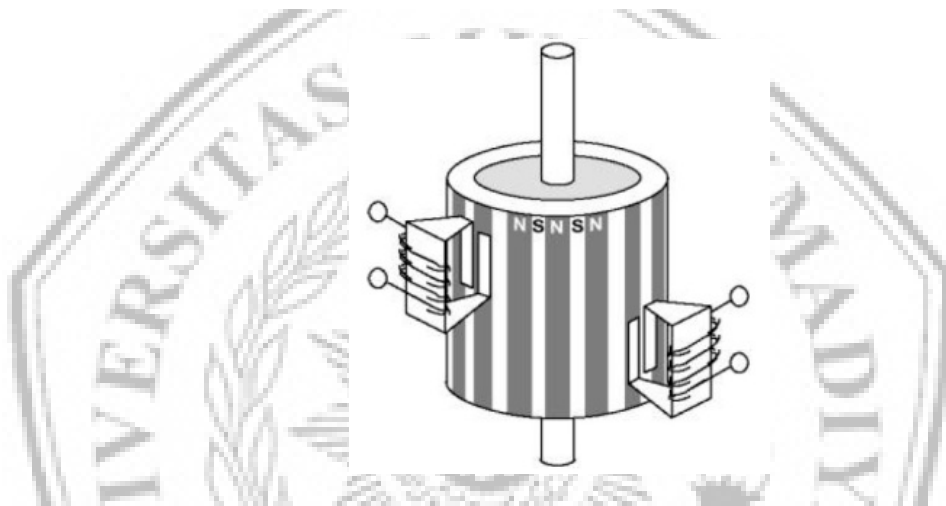
Motor *stepper* jenis ini telah lama ada dan merupakan jenis motor yang secara struktural paling mudah untuk dipahami. Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi energi dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor *stepper* tipe *variable reluctance* yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Motor *stepper* type *variable reluctance (VR)*

2.5.3.2 Motor Stepper Permanent Magnet (PM)

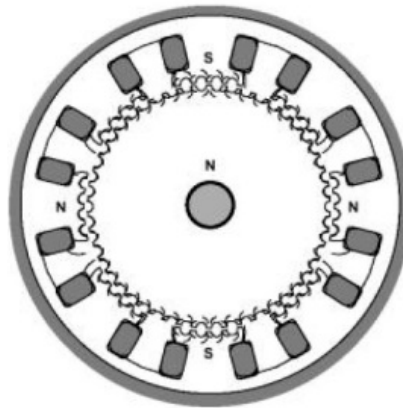
Motor *stepper* jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan. Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas *fluks* magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis ini biasanya memiliki resolusi langkah (*step*) yang rendah yaitu antara $7,5^0$ hingga 15^0 per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah ilustrasi sederhana dari motor *stepper* tipe *permanent* magnet yang ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.7 Motor *stepper* type *permanent* magnet (PM)

2.5.3.3 Motor Stepper Hybrid (HB)

Motor *stepper* tipe hibrid memiliki struktur yang merupakan kombinasi dari kedua tipe motor *stepper* sebelumnya. Motor *stepper* tipe hibrid memiliki gigi-gigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe hibrid dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara $3,6^0$ hingga $0,9^0$ per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor *stepper* tipe hibrid yang ditunjukkan dalam Gambar 2.8.

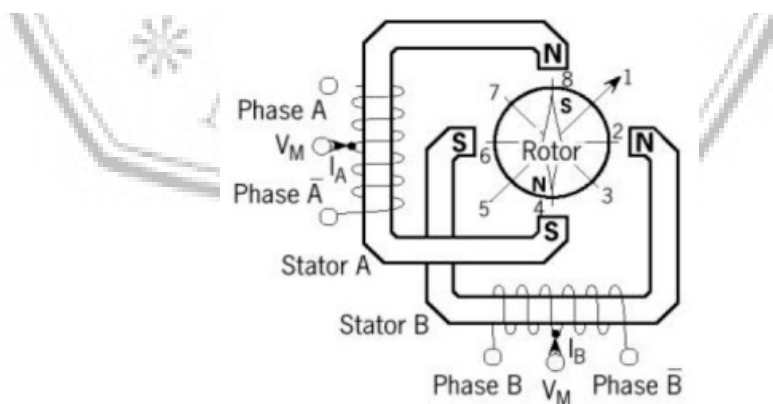


Gambar 2.8 Motor *stepper type hybrid*

Berdasarkan metode perancangan rangkain pengendalinya, motor *stepper* dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu motor *stepper unipolar* dan motor *stepper bipolar*.

2.5.3.4 Motor *Stepper Unipolar*

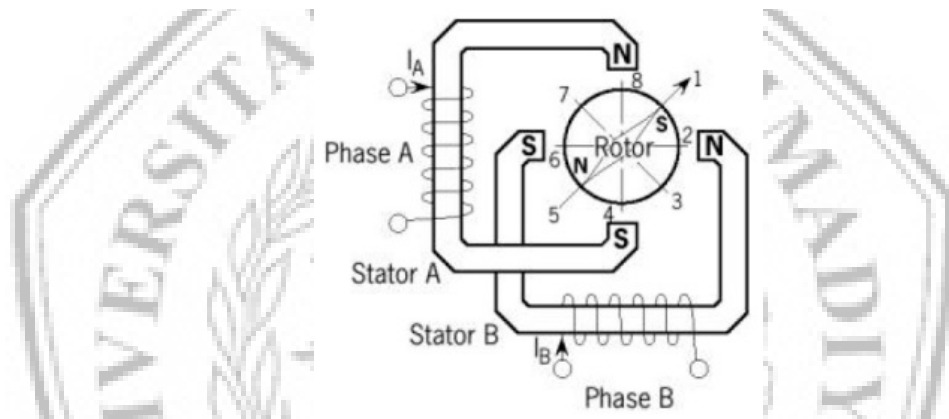
Rangkaian pengendali motor *stepper unipolar* lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu *switch* / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (*ground*) pada salah satu terminal lilitan (*wound*) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (V_M) pada bagian tengah (*center tap*) dari lilitan yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Motor *stepper* dengan lilitan *unipolar*

2.5.3.5 Motor Stepper Bipolar

Untuk motor *stepper* dengan lilitan *bipolar*, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya. Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor *unipolar*. Motor *stepper bipolar* memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor *stepper unipolar* dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama yang ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.10 Motor *stepper* dengan lilitan *bipolar*

2.6 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dc yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *close feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor. Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinu seperti motor dc maupun motor stepper. Walau demikian untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinu.

Motor servo mampu berkerja dua arah *clockwise* (CW) dan *counter clockwise* (CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal *Pulsa Width Modulation* (PWM) pada bagian pin kontrolnya.

Motor servo dapat berputar dengan lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putaranya, namun demikian motor servo memiliki torsi yang kuat karena internal gearnya. Lebih dalam dapat digambarkan bahwa sebuah motor servo memiliki :

1. 3 jalur kabel : Power, ground dan kontrol
2. Sinyal control mengendalikan posisi.
3. Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 mS, dimana lebar pulsa antara 0,5 mS 2 mS menyatakan akhir dari range sudut maksimum.

Konstruksi didalamnya meliputi internal gear, potensiometer dan feedback kontrol.

2.6.1 Jenis – jenis Motor Servo

2.6.1.1 Motor Servo Continuous

Motor servo ini mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu).

2.6.1.2 Motor Servo Standart 180°

Motor servo jenis ini hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan - tengah - kiri adalah 180° seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Motor servo Power HD 20KG

(www.robotics.org)

2.7 Driver Motor Stepper TB6600

Driver motor berfungsi memberikan sinyal untuk memutar motor. Jenis *driver* mengikuti jenis motor yang dikendalikannya, untuk motor *stepper* NEMA 17, NEMA 23 contoh drivernya adalah driver TB6600.

TB6600 stepper motor driver disini menjelaskan rancangan IC TB6600HG. Driver TB6600HG adalah driver stepper PWM *chopper type single chip bipolar sinusoidal micro-step*. Beban Maksimum 4.5A, *supplay* 9V sampai 42V DC. Driver stepper ini mempunyai fitur sebagai berikut :

1. Berdasarkan chip tunggal dan chip kedua untuk kontrol otomatis setengah saat ini
2. Cocok untuk motor stepper nema17, nema23, nema34 bipolar
3. Cocok untuk 4Wires, 6 kabel dan 8 kabel stepper motor.
4. Rotasi maju dan mundur tersedia
5. Tahap yang Dipilih (Langkah Mikro) drive 1/1, 1/2, 1/4, 1/8, dan 1/16
6. Pasokan Input Pasokan maksimum 42V DC Input Input 10V DC
7. Output saat ini 4.5Amps
8. Indikator LED Output Fault Monitor
9. Pada indikator Power Board Board
10. Pada papan langkah indikator masukan pulsa
11. Auto standby setengah sirkuit reduksi arus onboard
12. Dibangun di Thermal shutdown (IC)
13. Built in under voltage lock out (UVLO) circuit (IC)
14. Dibangun di atas sirkuit deteksi arus (ISD) (IC)

Kapasitor besar untuk menangani arus masuk arus

2.7.1 Micro Stepping

Micro stepping adalah mengendalikan motor *stepper* dengan memberikan setengah gelombang sinyal sinus. Dengan cara ini langkah motor *stepper* lebih kecil dan halus pergerakannya, mengurangi resonansi pada motor *stepper*.

Saklar DIP 4way digunakan untuk mengatur *mode micro step* (Penuh, Setengah, Delapan, Enam Belas). Pengaturan DIP Switch dapat diubah-ubah sesuai apa yang diinginkan saat power dimatikan sehingga pilihan pengaturan yang diinginkan akan aktif saat *power* dihidupkan.

2.7.2 Step Pulse

Siklus kerja (*duty cycle*) positif minimal pada step pulsa masukan harus 2.2us dan diperlukan sinyal 5V (TTL). Pulsa positif pada masukan step akan mengaktifkan operasi step.

2.7.3 Input

Semua Masukan secara optik terisolasi untuk mencegah perangkat terkena noise, sirkuit pendek.

1. Enable : Membutuhkan masukan DC 5V, atur masukan high untuk menonaktifkan drive, Tetapkan input rendah untuk mengaktifkan drive
2. Dir : Masukan DC 5V yang dibutuhkan, Tetapkan Rotasi CW Input tinggi, Tetapkan masukan rendah rotasi CCW, Arah motor bergantung bagaimana motor stepper dikoneksikan.

CLK: Langkah Pulse membutuhkan pulsa TTL 5V DC

2.7.4 4X DIP Switch

2.7.5 SW4 (LATCH): ON = Pengembalian Otomatis jika Shutdown Thermal atau Over Current Detection

2.7.6 SW4 (LATCH): OFF = Pada kondisi rusak diperlukan power on / off



Gambar 2.12 TB6600 stepper motor driver

(<http://www.electronics-lab.com>)

2.8 DC to DC Buck Converter

Buck converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukannya. Tegangan keluaran yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukannya. *Buck converter* biasa disebut juga sebagai *step-down converter*. Dc to dc buck converter mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2.6 Spesifikasi DC to DC Buck Converter

Tipe	Down
Tegangan input	5-40 Volt
Tegangan output	1.2-35 Volt (<i>Adjustable</i>)
Arus output	0.2 sd 9A (<i>Adjustable</i>) perlu tambahan kipas bila suhu lebih dari 65C
Max. power output	300W
Konversi efisiensi	< 95%
Suhu operasi	-40 - 85 derajat <i>Celcius</i>
Dimensi	65*47*23.5 mm

2.9 Global Positioning System (GPS)

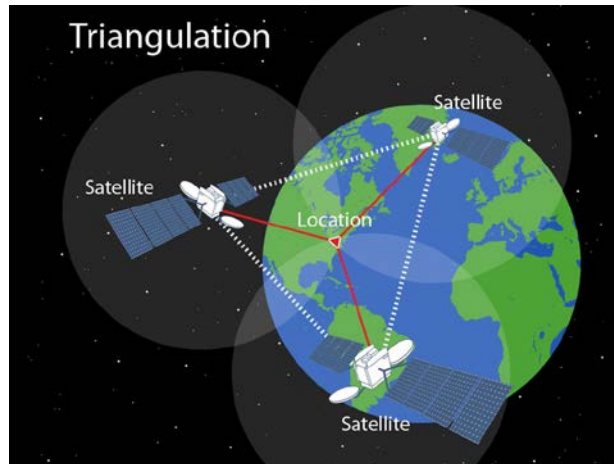
Global positioning system atau disingkat GPS adalah sistem untuk meletakkan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat dipermukaan dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah dan waktu. Sistem ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Sistem ini menggunakan satelit yang berada di orbit bumi, yang memancarkan sinyalnya ke bumi dan ditangkap oleh sebuah alat penerima. Akurasi atau ketepatan perlu mendapatkan perhatian bagi penentuan koordinat lokasi. Koordinat posisi ini akan selalu mempunyai faktor kesalahan.

Misalnya alat tersebut menunjukkan sebuah titik koordinat dengan akurasi 3 meter, artinya posisi sebenarnya bisa berada dimana saja dalam radius 3 meter dari lokasi tersebut. Makin kecil angka akurasi, maka posisi alat akan menjadi semakin

tepat. Setiap daerah di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3-4 satelit. Setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat dengan mudah menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan akan semakin tinggi. Cara kerja GPS secara logika ada lima langkah yaitu :

- 1) Memakai perhitungan *triangulation* dari satelit.
- 2) Untuk perhitungan triangulation, GPS mengukur jarak menggunakan waktu pengiriman sinyal radio.
- 3) Untuk mengukur waktu pengiriman, GPS memerlukan akurasi waktu yang tinggi.
- 4) Untuk perhitungan jarak, harus diketahui dengan pasti posisi satelit dan ketinggian pada orbitnya.
- 5) Mengoreksi delay sinyal waktu perjalanan di atmosfer sampai diterima oleh *receiver*.

Satelit GPS berputar mengelilingi bumi selama 12 jam di dalam orbit yang akurat dan mengirimkan sinyal informasi ke bumi. GPS *receiver* mengambil informasi dan dengan menggunakan perhitungan triangulation untuk menghitung lokasi pemakai yang tepat. GPS akan membandingkan waktu sinyal dikirim dengan waktu sinyal diterima, maka akan diketahui berapa jarak satelit. Sebuah GPS *receiver* harus mendapatkan minimal tiga satelit agar dapat menghitung posisi 2D (*Latitude* dan *longitude*) dan *track* pergerakan. Jika dapat menerima empat atau lebih satelit, maka dapat menghitung posisi 3D (*Latitude*, *longitude* dan *altitude*). Selanjutnya GPS dapat menghitung informasi lain, seperti kecepatan, arah, jarak tujuan dan masih banyak lagi. Ketelitian koordinat GPS bergantung beberapa faktor diantaranya akurasi data, geometri satelit, metode penentuan posisi dan pemrosesan data. (Patrick Bertagna, 2010)



Gambar 2.13 Cara kerja GPS
(lukeyahyasipetualang.wordpress.com)

2.10 Radio Telemetry

Radio telemetry adalah sebuah perangkat komunikasi yang menggunakan gelombang radio untuk mengirimkan sebuah informasi dengan jarak yang jauh. 3dr Radio telemetry adalah modem radio jarak menengah. Radio ini memiliki dua tipe berdasarkan frekuensi yaitu 915 MHz dan 433MHz yang mempunyai kisaran jarak 1 mil. Terdapat dua modul yaitu modul transmitter (TX) dan receiver (RX). Alat bekerja pada catu daya 5V. Dengan menggunakan 3DR Radio Config, alat dapat diatur berdasarkan kebutuhan pemakai, seperti merubah baud rate, air speed, TX power. Beberapa fitur yang terdapat di radio telemetry ini yaitu :

- 1) Kemampuan receiver (menerima) -121 dBm.
- 2) Kemampuan transmit (mengirim) +20 dBm.
- 3) Kemampuan data di udara 250 kbps.
- 4) Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
- 5) Kemampuan adaptif Time Division Multiplexing (TDM)
- 6) Menggunakan protokol komunikasi MAVLink



Gambar 2.14 3DR Radio Telemetri
(ardupilot.org)

2.11 Modul GY-85

Modul yang digunakan dalam proyek ini adalah GY-85. *Board* ini pada dasarnya terdiri dari *accelerometer* 3-axis (ADXL345), *magnetometer* 3-axis (HMC5883L), *gyroskop* 3-axis (L3G4200D). Modul GY-85 biasanya digunakan pada pesawat *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), unit *Inertial measurement* (IMU) adalah perangkat elektronik yang mengukur kecepatan, orientasi, dan gaya gravitasi, menggunakan kombinasi *accelerometer* dan *gyroskop*, dan juga *magnetometer*. Sebuah unit pengukuran IMU bekerja dengan mendeteksi tingkat saat akselerasi menggunakan satu atau lebih *accelerometer*, dan mendeteksi perubahan atribut rotasi seperti lapangan *roll*, *pitch* dan *yaw* menggunakan satu atau lebih *gyroskop*. Setiap sensor GY-85 IMU memiliki kemampuan berkomunikasi melalui protokol *Inter-Integrated Circuit* (I2C) untuk data transmisi. Hal ini membuat mudah untuk menerapkan dan antarmuka dengan *mikrokontroller*.



Gambar 2.15 Modul GY-85

(www.tindie.com)

2.12 Sensor

Beberapa proses di industri membutuhkan sistem instrumentasi elektronis sebagai masukan ke dalam sebuah proses pengendalian. Besaran masukan pada *system* instrumentasi bukan besaran listrik. Besaran masukan itu dapat besaran mekanik, kimia, dan proses fisis. Untuk menggunakan masukan itu maka diperlukan metoda untuk mengubah besaran tersebut menjadi besaran listrik. Untuk mengubah besaran tersebut diperlukan sebuah konverter yaitu berupa transduser dan sensor. Transduser dan sensor akan mengkonversi dari suatu isyarat *input* berupa isyarat fisis dan isyarat kimia yang akan diubah ke suatu isyarat *output* berupa tegangan, arus, dan hambatan. Transduser adalah suatu peralatan/ alat yang dapat mengubah suatu besaran ke besaran lain. Sebagai contoh, definisi transduser yang luas ini mencakup alat-alat yang mengubah gaya atau perpindahan mekanis menjadi sinyal listrik. Transduser dapat dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya, metode pengubahan energi, sifat dasar dari sinyal keluaran dan lain-lain. (<http://elektronikadasar.web.id/teori-sensor-dan-transduser-elektronika/>).

2.12.1 Sensor Accelerometer

Accelerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (*vibrasi*), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (*inklinasi*). Sensor *accelerometer* mengukur percepatan akibat gerakan benda yang melekat padanya.

Accelerometer dapat digunakan untuk mengukur getaran pada mobil, mesin, bangunan, dan instalasi pengamanan. Sensor *accelerometer* juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi dan peralatan-peralatan

elektronik, seperti permainan 3 dimensi, *mouse* komputer, dan telepon. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi.

Percepatan merupakan suatu keadaan berubahnya kecepatan terhadap waktu. Bertambahnya suatu kecepatan dalam suatu rentang waktu disebut juga percepatan (*acceleration*). Jika kecepatan semakin berkurang dari pada kecepatan sebelumnya, disebut *deceleration*. Percepatan juga bergantung pada arah atau orientasi karena merupakan penurunan kecepatan yang merupakan besaran vektor. Berubahnya arah pergerakan suatu benda akan menimbulkan percepatan pula. Untuk memperoleh data jarak dari sensor *accelerometer*, diperlukan proses integral ganda terhadap keluaran sensor.

2.12.1.1 Kecepatan dan jarak ADXL345

Sensor ADXL345 menggunakan *range* $\pm 4g$ dengan resolusi 10 *bit* dan sensitivitas $128 \frac{LSB}{g}$. Digunakan Persamaan 2.1 untuk mengubah nilai *bit* menjadi nilai percepatan dengan satuan $\frac{m}{s^2}$.

$$A = \frac{\text{Nilai bit sumbu}}{128} \quad (2.1)$$

Nilai hasil dari Persamaan 3.1 bukanlah nilai aktual dari sensor tersebut. Untuk mendapatkan nilai aktual, maka kita harus mengetahui *Gain* dan *Offset* disetiap sumbunya. *Offset* bisa dicari menggunakan Persamaan 2.2 dengan melibatkan Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.3 untuk menentukan *Gain*. Setelah semua ditemukan nilainya, maka nilai percepatan aktualnya menggunakan Persamaan 2.4.

$$A_{Offset} \left[\frac{m}{s^2} \right] = \frac{A_{+1g} + A_{-1g}}{2} \quad (2.2)$$

$$Gain = 0.5 \times \frac{A_{+1g} + A_{-1g}}{1g} \quad (2.3)$$

Sehingga:

$$A_{Actual} \left[\frac{m}{s^2} \right] = \frac{A_{out} - A_{Offset}}{Gain} \quad (2.4)$$

Untuk mencari nilai kecepatan dan jarak setiap sumbu. Maka persamaannya menjadi seperti Persamaan 2.5 untuk kecepatan dan Persamaan 2.6 untuk jaraknya.

$$V_{sumbu} = V_{sumbu-1} + A_{sumbu-1} + \left(\frac{A_{sumbu} - A_{sumbu-1}}{2} \right) \times dt \quad (2.5)$$

$$S_{sumbu} = S_{sumbu-1} + V_{sumbu-1} \left(\frac{V_{sumbu} - V_{sumbu-1}}{2} \right) \times dt \quad (2.6)$$

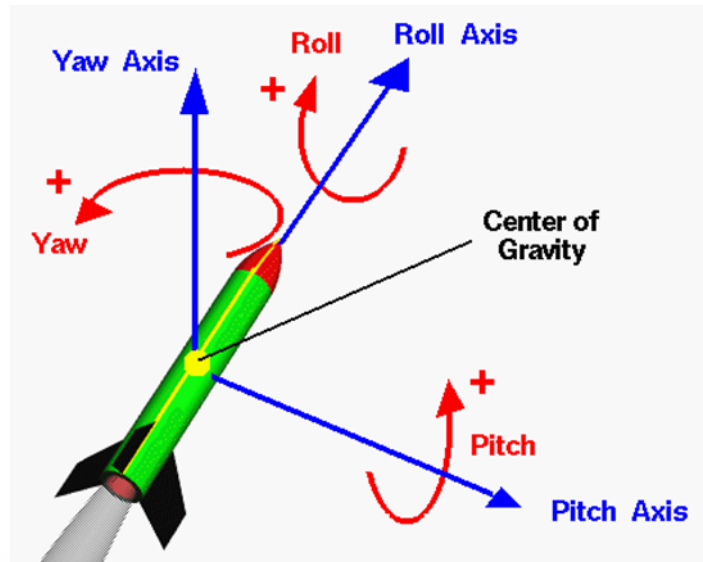
V_{sumbu} adalah kecepatan saat ini, $V_{sumbu-1}$ adalah kecepatan sebelumnya. $A_{sumbu-1}$ adalah nilai percepatan sebelumnya, dan A_{sumbu} adalah percepatan saat ini. Sedangkan dt adalah selisih waktu sekarang dengan sebelumnya.

2.12.2 Sensor Gyroscope

Sensor *gyroscope* digunakan untuk mengetahui posisi benda yang bergerak *pitch*, *roll* dan *yaw*. Sensor ini hanya memiliki *range* ± 2000 °/second dengan resolusi 10 *bit* dan sensitivitas 14.375 LSB per °/sec dan menghasilkan nilai kecepatan sudut yang didapatkan menggunakan Persamaan 2.7. Untuk menghasilkan sudut digunakan Persamaan 2.8 dengan satuan derajat (°). Sudut ini digunakan untuk mengetahui sikap *pitch*, *roll* dan *yaw* muatan roket.

$$\omega_{sumbu} [^\circ/\text{sec}] = \frac{\text{Nilai bit sumbu}}{14.375} \quad (2.7)$$

$$\text{Sudut} = \omega_{sumbu} \times dt \quad (2.8)$$

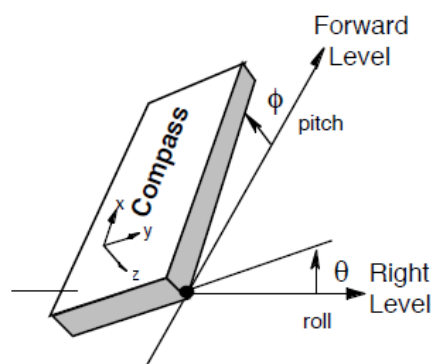


Gambar 2.16 Pergerakan yang dideteksi *gyroscopemeter* (spaceflightsystems.grc.nasa.gov).

2.12.3 Sensor Magnetometer

Magnetometer 3 Axis HMC5883L adalah sensor magnet terkemas dalam *surface mount 3.0x3.0x0.9 mm 16-pin Leadless Chip Carrier (LCC)*. *Magnetometer 3 Axis HMC5883L* tersusun atas sensor resistif magnet beresolusi tinggi dengan demagnetisasi otomatis, penghilang offset dan ADC 12-bit untuk pengukuran medan magnet bumi dengan resolusi tinggi. Digunakan untuk mengetahui heading atau arah hadap terhadap gaya magnet bumi, sehingga disebut juga dengan kompas digital. Sensor ini memiliki *range ± 8 gauss* dengan sensitivitas *0.92 mGauss/LSB*. Untuk mendapatkan nilai tersebut digunakan Persamaan 2.9.

$$Mag_{sumbu} = \text{Nilai bit sumbu} \times 0.92 \quad (2.9)$$



Gambar 2.17 Perubahan kompas terhadap rotasi giroskop

Untuk mengatasi kompas yang miring, maka harus mengetahui Roll dan pitch dari giroskop. Dalam Gambar 2.17, sebuah kompas ditampilkan dengan roll (θ) dan pitch (Φ) sudut kemiringan yang dirujuk ke arah kanan dan ke depan dari pengamat. Pembacaan magnetik X, Y, dan Z bisa jadi ditransformasikan kembali ke bidang horizontal (XH, YH), untuk mendapatkan nilai *heading* ketika terjadi perubahan pitch dan roll adalah menggunakan Persamaan 2.12.

$$XH = Mag_x \times \cos(\Phi) + Mag_y \times \sin(\theta) \times \sin(\Phi) - Mag_z \quad (2.10)$$

$$\times \cos(\theta) \times \sin(\Phi)$$

$$YH = Y \times \cos(\theta) + Z \times \sin(\theta) \quad (2.11)$$

$$Heading = \tan^{-1} \frac{YH}{XH} \quad (2.12)$$

